

旭川医科大学医学部医学科 2025 総合型選抜「課題論文」

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

イヌの1年はヒトの7年に相当するといわれている。マウスは2~3年、ゾウは60~70年と、寿命は種によって大きく異なる。さらに寿命や年齢わかって、成熟や老化に伴う生理的变化は、種によって異なり、ヒトを基準に理解することは難しい。年齢を知ること、そして年齢を伴うライフイベントを種ごとに解明することができれば、その種の生活を理解するのに大きな助けになると考えられる。

筆者の所属する京都大学野生動物研究センターは、2008年の設立以来、特に絶滅の危惧される大型哺乳類の保全を目指して、野外での生息域内保全と同時に、全国の動物園や水族館と連携して、生息域外保全のための研究をおこない、共同利用研究拠点として学外の研究者との共同研究も実施してきた。

(中略)

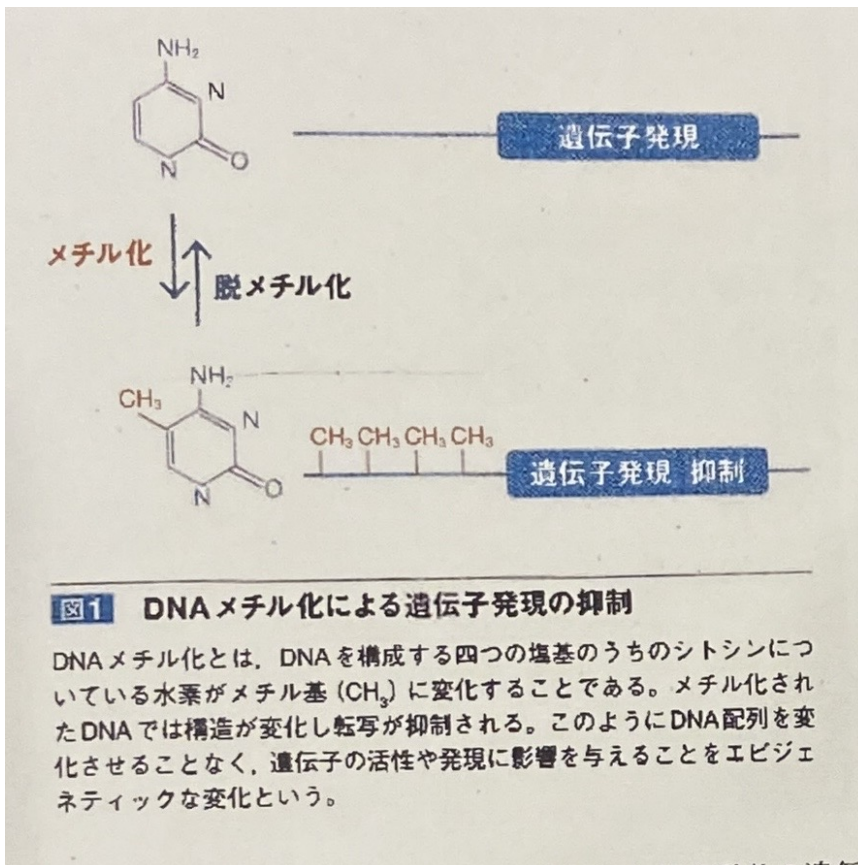
DNAから年齢の情報を得るのは、最近まで難しかった。

ヒントはDNAの配列ではなく修飾にあった。野生動物から遺伝情報を得るにはDNA解析が必要だが、採血のために捕獲や麻酔をするのは負担がかかるので、フンに含まれる腸の細胞や羽根や毛根の細胞など、動物への侵襲性が低く採取しやすい試料を用いる。直接観察が難しい野外でも、落ちているフンや羽根を採取できる場合がある。個体のどの部位の細胞でもDNAの塩基配列は同じで、フンや羽根からのDNAの収量は少ないが、解析技術の進歩によって多くの情報が得られるようになった。「氏(遺伝要因)か育ち(環境要因)か」といわれるように、遺伝要因は生涯不変のものとして認識されている。しかし、同じ個体でも、遺伝子から作られるタンパク質は、血液や腸などの体の部位によって異なる機能を発揮しており、また同じ部位でも年齢によって働きが変化する遺伝子もある。こうしたタンパク質の設計図となる遺伝子の転写調節はDNAのメチル化が担っている(図1)。DNAのメチル化とは、塩基配列中のシトシンにメチル基が付加されることを指す。メチル化は遺伝子発現を制御しており、哺乳類のメスの片方のX染色体の不活化、遺伝子発現の臓器ごとの差異やがん細胞と正常細胞の差異にも影響している。ヒトでは年齢に伴いDNAのメチル化の程度が異なる遺伝領域が知られており、法医学鑑定にも応用されている。野生動物の生前に、年齢を正確に知ることができれば、生態の研究や保全繁殖において画期的なツールとなると考えられる。そこで、「エピジェネティッククロック」つまりDNAのメチル化率の経時変化を指標とした年齢推定法の確立を目指そうと考えた。

・用語解説

DNAのメチル化と遺伝子発現

通常、DNAのメチル化は、ほとんどがシトシン(C)で生じる。遺伝子発現はDNA中の遺伝子上流にある調節領域(プロモーター)に転写因子が結合して、遺伝子の転写を開始する。しかし、プロモーターにあるDNAメチル化サイトがメチル化されていると、転写因子の結合が阻害される。その結果、体の部位や成長や老化の各段階に遺伝子の発現が抑制される。



村山美穂「エピジェネティッククロックを活用した野生動物の遺伝資源保全—老化の謎に迫る」『生物の科学 遺伝』78巻3号、2024年、180-184頁。出題にあたり、一部表記を改めた。

問1 野生動物の年齢を正確に知ることは野生動物の保全とどのように関連しているのか。絶滅危惧種の個体数に着目して、300字以内で述べなさい。

問2 人と生活をともにする動物(イヌやネコなど)について、DNAのメチル化に基づいた年齢推定の意義を200字以上300字以下で述べなさい。

<解答例>

問 1:

Cさん：野生動物の年齢を正確に知ることは、絶滅危惧種の保全において重要な役割を果たす。年齢を知ることによって、個体の繁殖能力や健康状態、老化の進行度を把握できるため、保全活動が効果的に行える。特に、絶滅危惧種の場合、個体数が限られており、繁殖期における個体の管理が重要となる。年齢情報を基に、繁殖に適した個体を特定することで、遺伝的多様性を確保し、種の存続に向けた効果的な繁殖プログラムを設計できる。また、個体群の年齢構成が分かることで、将来的な個体数の予測が可能となり、適切な保護対策を講じることができる。

Gさん：野生動物の年齢を正確に知ることは、絶滅危惧種の保全において極めて重要である。年齢情報は、個体の繁殖能力や健康状態、老化の進行度を把握する上で不可欠であり、これらに基づいた適切な保全計画の策定を可能にする。特に、絶滅危惧種の場合、個体数が限られているため、個々の個体の状態を正確に把握することが種の存続にとって喫緊の課題となる。年齢情報を活用することで、繁殖に適した個体を特定し、遺伝的多様性を保ちながら効率的な繁殖プログラムを設計できる。また、個体群の年齢構成を把握することで、将来的な個体数変動を予測し、適切な保護対策を講じることができる。

問 2:

Cさん：イヌやネコなど、私たちと生活をともにする動物において、DNAのメチル化に基づく年齢推定は非常に有意義である。これらの動物では、年齢を知ることが、健康管理や予防医療、さらには繁殖管理において役立つ。例えば、年齢に応じた適切な食事や運動、病気のリスク管理を行うことで、動物の健康寿命を延ばすことができる。DNAのメチル化による年齢推定は、従来の方法に比べて侵襲が少なく、動物への負担を減らしつつ、正確な年齢情報を提供できる。この技術が広く普及すれば、ペットの健康管理が一層充実し、飼い主にとっても有益な情報を提供することが期待される。

Gさん：DNAのメチル化に基づいた年齢推定は、犬や猫などのペットの健康管理において新たな可能性を開く。従来の年齢推定法は、外見や歯の状態など、動物への負担が大きい方法が一般的であった。しかし、DNAメチル化による年齢推定は、非侵襲的に、より正確な年齢を推定できる。これにより、年齢に応じた適切な食事や運動、予防接種などの計画を立てることができ、ペットの健康寿命を延ばすことにつながる。また、老齢期特有の疾患の早期発見にも役立ち、飼い主はペットの健康状態をより深く理解し、安心感を得ることができる。

<解説>

1.出題の意図

この問題の出題意図は、野生動物の年齢推定が保全活動や日常的な動物の管理においてどのように役立つかを理解し、考察する力を養うことです。特に、年齢推定の技術が野生動物の保全活動における有用性、また家畜やペットなどの動物における健康管理における意義を学ぶことを目的としています。また、年齢推定に関連する技術（DNAのメチル化）がどのように活用され、どのような利益をもたらすのかについても具体的に説明できるようにすることが求められています。

2.解答のポイント

問 1: 野生動物の年齢を正確に知ることが野生動物の保全とどのように関連しているのか。絶滅危惧種の個体数に着目して、300 字以内で述べなさい。

この設問では、年齢を知ることが絶滅危惧種の保全にどのように貢献するかについて説明する必要があります。具体的には、年齢に基づいて個体の繁殖能力や健康状態を把握し、それに基づいた管理方法を検討することの重要性を述べます。

・キーワード

絶滅危惧種、繁殖能力、健康状態、年齢情報の活用、保全プログラム

・参考事項:

絶滅危惧種は個体数が少ないため、各個体の状態や繁殖能力を把握することが繁殖プログラムや生態系の回復に不可欠です。年齢情報があれば、繁殖に適した個体の選定が可能となり、遺伝的多様性を確保することができます。また、年齢に応じたケアが求められるため、長期的な保護計画の設計にも有益です。

問 2: 人と生活をともにする動物(イヌやネコなど)について、DNA のメチル化に基づいた年齢推定の意義を 200 字以上 300 字以下で述べなさい。

解答のポイント:

この設問では、DNA のメチル化を基にした年齢推定がイヌやネコなどのペットの健康管理にどう役立つかを説明することが求められます。特に、従来の年齢推定法（例: 歯の状態や行動パターン）に比べて、この方法がどれだけ精度が高く、負担が少ないかを述べます。

キーワード:

DNA メチル化、年齢推定、健康管理、ペットのケア、侵襲性の低さ

参考事項:

DNA メチル化による年齢推定は、動物にとって負担が少ない方法です。従来の方法では、動物を麻酔して検査を行ったり、物理的なサンプル（例: 歯や爪）を取る必要がありましたが、フンや羽根など、日常的に得られるサンプルを用いることができるため、動物に対するストレスを減らすことができます。この技術を活用することで、ペットの健康状態をよりの確に把握し、年齢に応じたケアを行うことができます。

総評:

この問題は、遺伝学的手法を用いた年齢推定技術が、野生動物やペットにどのように応用できるかを理解し、具体的な利点や実際的な活用方法を論じることを目的としています。特に、DNA メチル化という新しい技術を利用した年齢推定の有用性を具体的に説明することで、現代の科学技術が保全活動や日常生活の中でどのように役立つかを考える力を養います。